



XXII SÍMPOSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

26 de novembro a 01 de dezembro de 2017

Florianópolis- SC

MAPA DE EROSÃO HÍDRICA COMO INSTRUMENTO DE PLANEJAMENTO E GESTÃO TERRITORIAL EM BACIA HIDROGRÁFICA

Álvaro Jose Back^{1}; Nilzo Ivo Ladwig²; Jori Ramos Pereira³; Danrlei De Conto⁴; Thaise Sutil⁵;
Michele Pereira da Silva⁶; Leticia Da Costa Dutra⁷; Fabiane Nunes Gonçalves⁸*

Resumo: O conhecimento sobre as características hidrológicas de bacias hidrográficas é fundamental para o planejamento ambiental, de práticas de manejo e conservação da água e solo, que visem à redução dos problemas ambientais relacionado à perda de solos pela erosão hídrica, contribuindo para a agricultura, planejamento ambiental e a vida humana. O objetivo deste artigo é realizar o mapeamento da erosão hídrica usando a equação da perda universal de solos (USLE) na bacia hidrográfica do Rio Maior para facilitar a identificação de áreas prioritárias para a conservação do solo e da água. Para atender o objetivo utilizou-se a técnica de geoprocessamento em ambiente de Sistema Geográfico de Informação (SIG), para auxílio na determinação e espacialização dos resultados. Nos lugares onde a erodibilidade é de 120 a 200 t ha⁻¹, ou maiores que 200 t ha⁻¹ ano⁻¹, ou seja, 5,52% e 8,20% da área respectivamente observou-se a influência da ocupação antrópica às margens da rodovia SC-108 e as práticas minerárias de diabásio e argila no interior da bacia hidrográfica.

Palavras-chave: hidrologia, meio ambiente, geoprocessamento

MAP OF EROSION AS AN INSTRUMENT OF PLANNING AND LAND MANAGEMENT IN RIVER BASINS

Abstract: Knowledge about the hydrological characteristics of watersheds is fundamental for environmental planning, water and soil management and conservation practices, aimed at reducing environmental problems related to soil loss by water erosion, contributing to agriculture, environmental planning and human life. The objective of this article is to perform erosion mapping using the equation of the Universal Soil Loss (USLE) in the Maior river watershed to facilitate the identification of priority areas for soil and water conservation. To meet the objective, the geoprocessing technique was used in a Geographic Information System (GIS) environment, to aid in the determination and spatialization of the results. In places where erodibility is 120 to 200 t ha⁻¹, or greater than 200 t ha⁻¹ year⁻¹, that is, 5.52% and 8.20% respectively, the influence of

¹Universidade do Extremo Sul Catarinense; e-mail: ajb@unesc.net

²Universidade do Extremo Sul Catarinense; e-mail: ladwig@unesc.net

³Universidade do Extremo Sul Catarinense; e-mail: jori@unesc.net

⁴Universidade do Extremo Sul Catarinense; e-mail: danrleideconto@hotmail.com

⁵Universidade do Extremo Sul Catarinense; e-mail: thaise.sutil@gmail.com

⁶Universidade do Extremo Sul Catarinense; e-mail: engenheiramicheleps@gmail.com

⁷Universidade do Extremo Sul Catarinense; e-mail: leticiacdutraa@hotmail.com

⁸Universidade do Extremo Sul Catarinense; e-mail: fabianenunes@yahoo.com.br



XXII SÍMPOSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

26 de novembro a 01 de dezembro de 2017

Florianópolis- SC

anthropic occupation along the highway SC-108 and the mining practices of diabase and clay within the hydrographic basin.

INTRODUÇÃO

A erosão hídrica é considerada um dos maiores problemas ambientais no mundo (Hu & Flanagan, 2013), ocasionando enormes prejuízos à vida no planeta, seja pela poluição da água, redução da produtividade, fertilidade e sustentabilidade dos sistemas agrícolas ou pelo aumento da degradação ambiental, com enormes implicações de ordem física, financeira e social (Oliveira et al., 2010). A determinação dos valores de erosividade permite identificar os meses nos quais o risco de erosão é mais elevado, o que é importante no planejamento de uso da terra (Hudson, 1995) e também pode ser útil para avaliar a eficácia dos sistemas de uso e de manejo do solo na redução da erosão (Bertol e Almeida, 2000; Schicket al., 2014).

O mapeamento do risco à erosão e à sedimentação é uma importante ferramenta de diagnóstico e planejamento conservacionista em bacias hidrográficas estratégicas. Vários trabalhos mostram que a modelagem matemática baseada em SIGs, incluindo a USLE e suas modificações são ferramentas que auxiliam no planejamento ambiental (Mitasova et al., 1996; Mati et al. (2000); Fauzino et al., 2010)

A aplicação da USLE com o auxílio de SIG pode ser representada em um mapa que indica espacialmente o potencial erosivo do solo em determinada área de estudo. Desta forma, se constitui em uma importante ferramenta de apoio ao planejamento das formas de utilização e ocupação do solo. As informações obtidas com o SIG também são de grande utilidade para a implantação em projetos relacionados à utilização de recursos hídricos em escala de bacia hidrográfica (Lima et al., 2013). Nesse sentido, é possível encontrar na literatura diversos trabalhos nos quais são apresentadas metodologias voltadas à espacialização adequada deste fator por meio de técnicas de geoprocessamento. O objetivo deste artigo é realizar o mapeamento da erosão hídrica usando a equação da perda universal de solos (USLE) na bacia hidrográfica do Rio Maior para facilitar a identificação de áreas prioritárias para a conservação do solo e da água.

MATERIAL E MÉTODOS

A bacia hidrográfica do Rio Maior (Figura 1) está inserida na Bacia hidrográfica do rio Urussanga, pertencente à Bacia do Atlântico Leste (ANA, 2005). Está localizada no município de Urussanga, no estado de Santa Catarina, Brasil, entre os meridianos 49°26'12,9131"W; 49°01'52,9012"W e paralelos 28°25'04,3882"E; 28°49'07,2658"E. Possui área de 25,602 km², com altitude máxima de 425 m e mínima de 35 m. O clima da região, segundo Köppen, é do tipo Cfa, subtropical úmido, com chuvas médias anuais de 1576,3 mm bem distribuídas ao longo do ano. Os solos predominantes são das classes Cambissolo e Argissolo.

Para atender o objetivo definido foram utilizadas técnicas de geoprocessamento em ambiente SIG, que serviu para coleta, criação, organização, gerenciamento, e análise dos dados espaciais.

XXII SÍMPOSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

26 de novembro a 01 de dezembro de 2017

Florianópolis- SC

Para dar suporte para o geoprocessamento foi feita uma ampla busca e estruturação de dados geoespaciais (mapas base) e métodos para determinação da erosão hídrica.

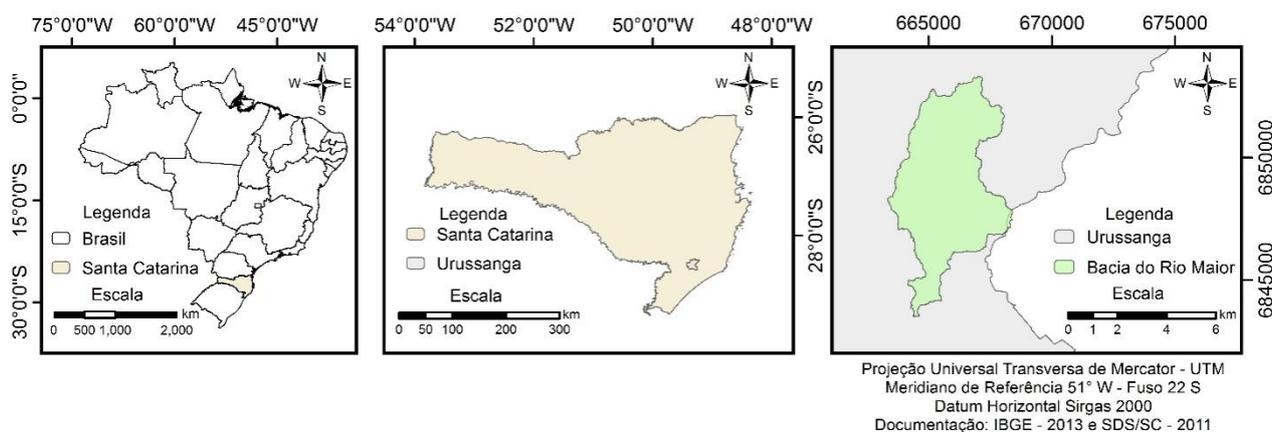


Figura 1 – Localização da bacia hidrográfica do Rio Maior.

A primeira etapa de trabalho compreendeu a estruturação do SIG, por meio da coleta e organização de dados espaciais em formato vetorial e matricial. Os dados espaciais em formato matricial compreenderam o MDT (modelo digital do terreno) e as imagens ortorretificadas composição RGB do voo aerofotogramétrico, executado no ano de 2010 pela Secretária de Desenvolvimento Econômico e Sustentável de Santa Catarina (SDS, 2013).

As imagens digitais ortorretificadas possuem uma resolução espacial de 0,39 metros, que permite gerar cartografia igual ou maior que a escala 1:10.000, compatível para ser usada como fonte de análise ambiental. Os arquivos digitais no formato vetorial foram adquiridos em fontes de informações distintas, como: i) Prefeitura Municipal de Urussanga (carta cadastral); ii) IBGE (cartas topográficas), iii) Embrapa e CPRM (cartas de solos e geologia); iv) SDS (hidrografia e nascentes).

Com o banco de dados espacial estruturado, foi fundamental a organização e hierarquização dos dados para atender suportes básicos como descreve Soares-Filho (2000). i) entrada de dados, edição e manipulação; ii) operação básica de desenho; iii) suporte para projeções cartográficas; iv) apresentação de cartogramas variados; iv) facilidade de impressão em papel; v) cálculo de área e perímetro; vi) posicionamento preciso de feições através de coordenadas; vii) organização em níveis de feições (layers); viii) manipulação gráfica para representação de um único fenômeno espacial.

Para facilitar a identificação de áreas prioritárias para a conservação do solo e da água em função da erosão hídrica, foi utilizado o modelo de Wischmeier e Smith (1978) que desenvolveram a Equação Universal de Perdas de Solo (do inglês Universal Soil Loss Equation), definida pela equação (1).

$$A = R \times K \times L \times S \times C \times P \quad (1)$$



XXII SÍMPOSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

26 de novembro a 01 de dezembro de 2017

Florianópolis- SC

Em que: A é a quantidade de solo perdido em toneladas hectare por ano ($t \cdot ha^{-1} \cdot ano^{-1}$); R é o potencial erosivo das chuvas (em $MJ \cdot mm \cdot ha^{-1} \cdot ano^{-1}$); K refere-se à facilidade com que o solo erode (em $t \cdot h \cdot MJ^{-1} \cdot mm^{-1}$); L e S estão relacionados ao comprimento da rampa e declividade; C refere-se à cobertura vegetal; P está relacionado às práticas conservacionistas (Wischmeier & Smith, 1978).

O fator R, baseou-se na média de erosividade da chuva definida por Valvassori & Back (2014) para o município de Urussanga (Santa Catarina), equivalente a $5.665,10 \text{ MJ} \cdot \text{mm} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$. Para os fatores K, consideraram-se os valores encontrados na literatura científica, sendo esses valores apresentados na tabela 1.

Tabela 1- Valores de K (Erosidibilidade do solo), adaptado de Souza et al. (2015)

Classificação do solo	Fator K adotado
Cambissolo	0,0166
Cambissolo e Argissolo	0,0269
Argissolo	0,0166

Fazendo uso do modelo digital do terreno (MDT) de Urussanga, calculou-se o fator LS pelo método apresentado por Morgan (2005), por meio do seguinte procedimento:

- 1º) Cálculo da declividade em porcentagem obtido através da ferramenta Slope;
- 2º) Cálculo da direção do fluxo (flow direction);
- 3º) Cálculo do comprimento das rampas;
- 4º) Determinação do fator LS com a equação (2).

$$LS = \left(\frac{\text{Comp. Rampa}}{22,13} \right)^n (0,065 + 0,045 \text{ Dec} + 0,0065 \text{ Dec}^2) \quad (2)$$

Onde: n é um fator relacionado ao tipo de fluxo, variando entre 0,4 e 0,6, sendo que os valores maiores são adotados para casos com erosão laminar; Comp Rampa = comprimento da Rampa (m); Dec = declividade (%)

O fator relacionado à cobertura vegetal foi elaborado partindo do princípio que em áreas com maior cobertura vegetal no caso da vegetação nativa, ou secundária (caso desse trabalho), há uma maior proteção quanto à erodibilidade do solo, neste caso utilizou-se 0,0001 (maior proteção) e áreas sem cobertura vegetal têm valor de 1,0000 (nenhuma proteção). Nos locais das rodovias (recobrimento asfáltico) e indústrias (grandes construções), foi adotada a premissa que não há erosão, pois, o solo está impermeabilizado, nestes casos utilizou-se um fator (0,0000) desta forma os outros usos do solo foram definidos dentro deste intervalo, conforme tabela 2.

O fator P de práticas conservacionistas é um fator que considera as práticas de manejo do solo. Na mesma linha o boletim técnico da empresa Deflor (2006), diz que é o fator de práticas de proteção e manejo do solo esse coeficiente é afetado pela rotação de culturas, pelo tipo de proteção do solo, como barreiras e terrações. Neste estudo foi considerado como indicador 1.

Para analisar as perdas de solo na bacia, foi utilizado o método de Carvalho (2008) que definiu seis classes para análise de perdas de solo em bacias hidrográficas ($t \cdot ha^{-1} \cdot ano^{-1}$): (a) $< 15 =$



XXII SÍMPOSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

26 de novembro a 01 de dezembro de 2017

Florianópolis- SC

nula a pequena, (b) 15–50 = moderada, (c) 50–120 = média a forte, (d) 120–200 = forte, e (e) > 200 = muito forte. O mapa temático da erosão hídrica foi elaborado seguindo a orientação da metodologia de Wischmeier e Smith (1978) usando a USLE (Equação Universal da Perda de Solo).

Tabela 2- Valores de C (Cobertura vegetal)

Uso do solo	Fator C adotado
Mineração	1,0000
Solo exposto	1,0000
Cultivo	0,1000
Residencial	0,1000
Pastagem	0,0300
Reflorestamento	0,0100
Vegetação secundária	0,0001
Estrada	0,0000
Industrial	0,0000

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da álgebra de mapas foi uma classificação que segue os métodos de Carvalho (2008), onde 57,69%, ou seja, 14,77 km² da bacia está inserida em uma área de erosão nula ou pequena com a perda de 0 à 15 t ha⁻¹ ano⁻¹. Na Figura 3 pode-se observar que essas áreas correspondem às áreas com predominância de vegetação secundária, ou impermeabilizadas. Castro et al. (2011) destacam a importância da cobertura vegetal na redução das perdas de solo por erosão hídrica. Com perdas de 15 à 50 t.ha⁻¹.ano⁻¹ tem-se uma taxa moderada de erosão, que para este estudo, corresponde a 15,89% e 4,07 km² da área. Em 3,25 km² de área, que corresponde a 12,70%, tem-se uma erodibilidade de média a forte intensidade, que implica em perdas de solo de 50 à 120 t.ha⁻¹.ano⁻¹.

As classes que indicam índices forte e muito forte de erosão hídrica são de fato minoria da área, indicando que 5,52 % e 1,41 km² da bacia sofrem forte índice de erosão. Destas áreas é carregado para os recursos hídricos o montante de 120 à 200 t ha⁻¹ ano⁻¹ e acima de 200 t ha⁻¹ ano⁻¹ temos 8,20% da área, isso corresponde a 2,10 km² de pontos com alto nível de erosão.

Apesar dos níveis mais severos de erosão hídrica forte e muito forte não serem significativos (13,72% da área da bacia hidrográfica), estão localizados em pontos vulneráveis da bacia, principalmente em locais de expansão urbana e de áreas que sofreram e sofrem processo de extração de diabásio e argila que colocam o solo em exposição, portanto faz-se necessário estudo de contenção desses polígonos que apresentam forte e muito forte intensidade de erosão hídrica para evitar o assoreamento dos cursos d'água e a consequente degradação do sistema hidrológico (

Tabela 3).

Na Figura 2, observa-se a influência da Rodovia SC 108 que liga os municípios de Criciúma e Orleans no perímetro que corta a bacia hidrográfica houve a ocupação das margens e a consequente

XXII SÍMPOSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS
26 de novembro a 01 de dezembro de 2017
Florianópolis- SC

expansão urbana da cidade de Urussanga que gerou fragilidade do solo aumentando a erosão hídrica. Silva et al. (2007) analisaram as modificações da ocupação do solo e sua influência na espacialização das perdas de solo em bacias hidrográficas, comparando as perdas de solo nos anos de 1974 e 2006 por meio de ferramentas de geoprocessamento. Da mesma forma este estudo mostrou que a aplicação da EUPS em ambiente SIG é uma ferramenta de grande valia para o estudo do gerenciamento dos recursos naturais em escala de bacia hidrográfica, tornando o planejamento mais dinâmico e eficiente.

Tabela 3 – Índices de erodibilidade do solo (adaptado de Carvalho, 2008).

Classes em (t.ha ⁻¹ .ano ⁻¹)	Nível de erodibilidade	Área(km ²)	Área(%)
0 - 15	Nula ou pequena	14,77	57,69
15 - 50	Moderada	4,07	15,89
50 - 120	Média a forte	3,25	12,70
120 - 200	Forte	1,41	5,52
> 200	Muito forte	2,10	8,20

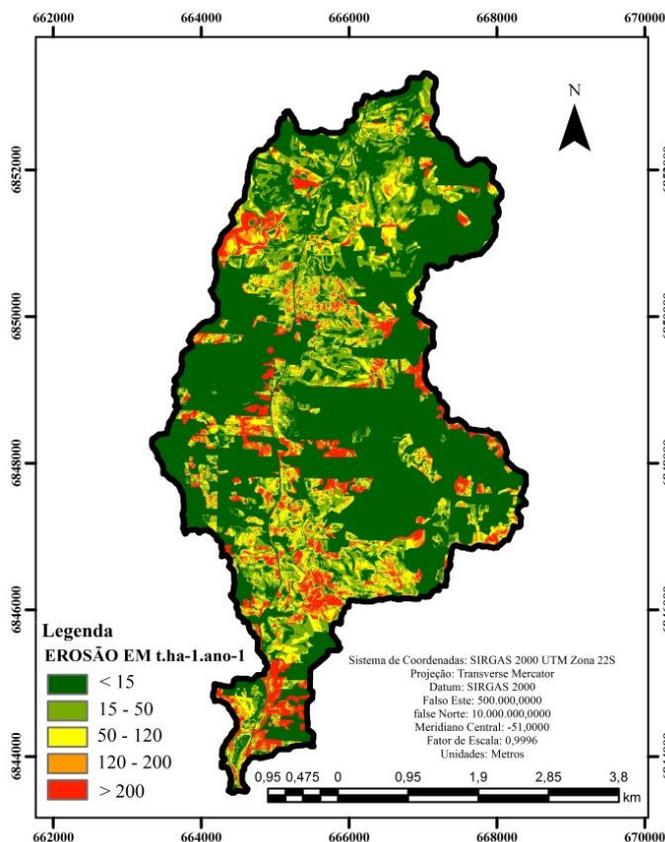


Figura 2 – Mapa de erosão hídrica determinado pela Equação Universal de Perda de Solo (USLE).



XXII SÍMPOSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

26 de novembro a 01 de dezembro de 2017

Florianópolis- SC

O estudo apresenta uma base de dados espaciais sobre a erosão hídrica na bacia hidrográfica, subsidiando a tomada de decisão em diversas frentes, seja, para estudos ligados à prática de conservação e manejo do solo, ou até mesmo no estudo de um novo zoneamento de uso do solo. De acordo com Christofolletti (1980), a modelagem ambiental constitui um procedimento envolvendo um conjunto de técnicas com a finalidade de compor um quadro simplificado e inteligível do mundo, ou seja, uma abstração da realidade que é trabalhada no campo da abordagem teórica e que orienta experiências empíricas.

Além disso, possui a função de representar os fenômenos da natureza e de estabelecer delineamentos para a elaboração de novas hipóteses no contexto das teorias ou leis físicas. No entanto, realizar mensurações diretas torna-se um trabalho extremamente oneroso e de difícil aplicação, o que motiva a modelagem matemática da produção de sedimentos (Paiva, 2003).

CONCLUSÕES

A erosão hídrica da bacia hidrográfica do Rio Maior determinada pela Equação Universal de Perda de Solo (USLE) apresentou resultados em um modo geral de pequena a moderada perda de partículas de solo, 57,69% corresponde a uma perda de 0 a 15 t ha⁻¹ ano⁻¹, e 15,89% de 15 a 50 t ha⁻¹ ano⁻¹.

A influência da ocupação antrópica nos pontos de maiores níveis de erosão, que correspondem a 5,52% com forte erodibilidade de 120 a 200 t ha⁻¹ ano⁻¹ e 8,20% com níveis maiores que 200 t ha⁻¹ ano⁻¹.

REFERÊNCIAS

- BERTOL, I.; ALMEIDA, J.A. (2000). Tolerância de perda de solo por erosão para os principais solos do estado de Santa Catarina. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.24, pp.657-668.
- CARVALHO, N. O. (2008). Hidrossedimentologia Prática. *Interciência*, Rio de Janeiro, 600p.
- CASTRO, N.E.A.; SILVA, M.L.N.; FREITAS, D.A.F.; CARVALHO, G.J.; MARQUES, R.M.; GONTIJO NETO, G.F. (2011). Plantas de cobertura no controle da erosão hídrica sob chuvas naturais. *Bioscience Journal*, v.27, n.5, pp 775 - 785.
- CHRISTOFOLETTI, A. (1980). *Geomorfologia*. 2a ed. São Paulo, Edgard Blücher,
- FAUZINO, F. S.; SILVA, M. K. A.; NISHIYAMA, L.; ROSA, R. (2010). Geotecnologias aplicadas à gestão dos recursos naturais da bacia hidrográfica do Rio Paranaíba no cerrado mineiro. *Sociedade & Natureza*.
- HUDSON, N. (1995) *Soil conservation*.3.ed. Ames, Iowa State University Press, 391p.
- HU, L.; FLANAGAN, D.C.(2013). Towards new-generation soil erosion modeling: Building a unified omnivorous model. *J. Soil Water Conserv.*, v.68, pp.100-103.



XXII SÍMPOSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

26 de novembro a 01 de dezembro de 2017

Florianópolis- SC

LIMA, J.E.F.W.; SILVA, F.D.M.; MARTINS, P. R.; SOBRINHO, H. C.; OLIVEIRA, N. B. (2013). Modelagem da erosão como subsídio a implantação do Programa Produtor de Águas na Bacia do Ribeirão Pipiripau. In: *Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, XVI*, 2013, Foz do Iguaçu, Anais, Foz do Iguaçu, INPE, pp. 5673-5680.

MITASOVA, H.; HOFIERKA, J.; ZLOCHA, M. IVERSON, L.R. (1996). Modelling topographic potential for erosion and despositionusin GIS. *International Journal of Geographical Information Systems*, v. 10, n.5, pp.629-641. DOI: 10.1080/02693799608902101

MORGAN, R. P. C. (2005). Soil Erosion and Conservation. Blackwell Publishing. *New Jersey*, USA, 315p.

OLIVEIRA, J. R.; PINTO, M. F.; SOUZA, W. DE J.; GUERRA, J. G. M.; CARVALHO, D. F. (2010). Erosão hídrica em um Argissolo Vermelho-Amarelo, sob diferentes padrões de chuva simulada. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.14, n.2, pp.140–147.

PAIVA, E.M.C.D. (2003). Métodos de Estimativa da Produção de Sedimentos em Pequenas Bacias Hidrográficas. In: PAIVA, J.B.D.; PAIVA, E.M.C.D (Orgs.). *Hidrologia aplicada à gestão de pequenas bacias hidrográficas*. Porto Alegre: ABRH/UFSM. cap. 13, pp.365-394.

SANTA CATARINA. SDS. (2013). Secretaria de Desenvolvimento Sustentável. Levantamento aerofotogramétrico é entregue aos municípios do Sul de SC. Disponível em: <<http://sc.gov.br/index.php/mais-sobre-desenvolvimento-economico/764-levantamento-aerofotogrametrico-e-entregue-aos-municipios-do-sul-catarinense>>. Acesso em: 15 jan. 2015.

SCHICK, J.; BERTOL, I; COGO, N. P.; PAZ GONZÁLEZ, A (2014). Erodibilidade de um cambissolo húmico sob chuva Natural. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. v.38, n.6, p.1906-1917.

SILVA, R. M.; SANTOS, C.A.G.; COSTA SILVA, J.F.C.B.; SILVA, L.P.(2007). Avaliação espacial e temporal de perdas de solo usando o Sistema de Informações Geográficas (SIG). OKARA: *Geografia em debate*, v.1, n.2, pp. 24-37.

SOARES FILHO, B. S. (2000). Curso de Especialização em Geoprocessamento. Minas Gerais: *Departamento de Cartografia Centro de Sensoriamento Remoto*.

VALVASSORI, M. L.; BACK, Á. J. (1980 a 2012). Avaliação do potencial erosivo das chuvas em Urussanga, SC, no período de. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. v. 38, n.3, pp.1011-1019, 2014.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. (1978). Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning. U.S Department of Agriculture, *Agriculture Handbook*, n. 537, pp. 1-58.